

MORFOLOGICKO-SEDIMENTOVÉ ZMENY BY-PASOVANÉHO KORYTA VODNÉHO TOKU – PŘÍKLAD STARÉHO KORYTA DUNAJA

MILAN LEHOTSKÝ*, ŠÁRKA HORÁČKOVÁ**, JÁN SLÁDEK*

Milan Lehotský, Šárka Horáčková, Ján Sládek: Geomorphic-sedimentary changes of a by-passed channel: Case study of the old Danube River channel. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 13, 2013, 2, 9 figs., 3 tabs., 9 refs.

The by-passed reach of the old Danube channel gives a very good example of the human impact on a river system. Decreasing discharge and the disconnectivity in sediment fluxes condition the granulometric change in the vertical accretion stratigraphy which by the negative feedback due to vegetation succession initiates changes in land cover structure. The scroll bar as it could be seen in 1992 has been developed into new form of floodplain – floodplain pocket. Its morphological differentiation is determined by vertical accretion, i. e. by the input and spatially variable deposition of suspended load during “new” flood regime of the old Danube channel. The fact that from 1992 more than 1 m thick layer of sediments has been deposited and most of bar area is covered by the floodplain forest the investigation of the other six floodplain pockets downstream is highly topical. Apart from the study of their geomorphic-sedimentary properties and examination of decrease in floodway capacity of the old Danube channel the floodplain roughness investigation is required.

Key words: bypass, floodplain pocket, scroll-bar, vertical accretion, landforms mapping, granulometry, old Danube channel

ÚVOD

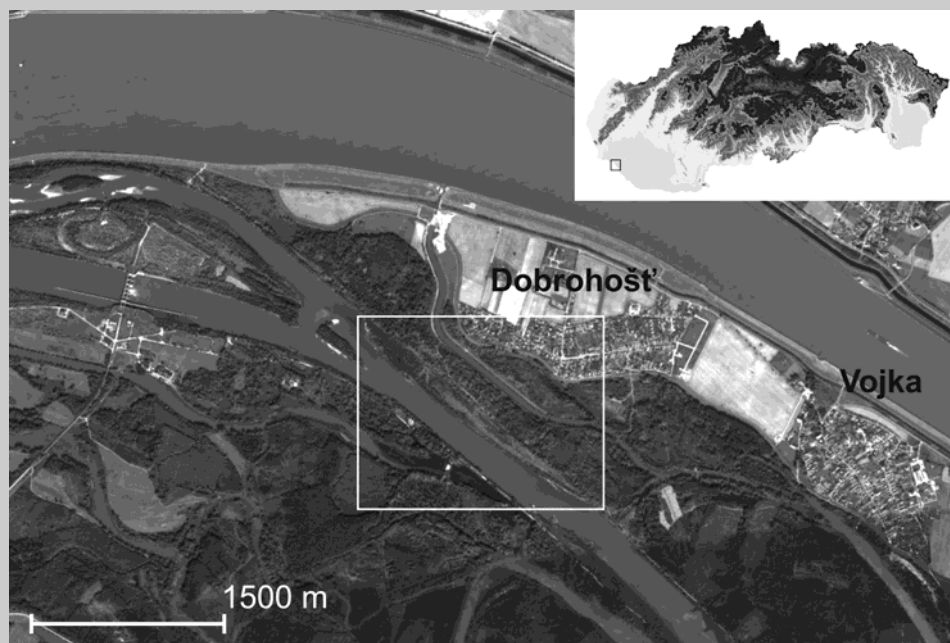
Rieky/korytá, ktorých prietok bol znížený umelým odvedením vody do iného koryta, resp. derivačného kanála za účelom získania elektrickej energie, povodňovej ochrany alebo inej vodohospodárskej či ekologickej funkcie, nazývame „bajpasované rieky/korytá“. Úseky riek takéhoto charakteru nachádzame na viacerých vodných tokoch Európy ako napríklad na Rhône, Rýne, Volge, Pripjati, Morave a pod.. U nás k riekam s dlhšími bajpasovými korytami patria hlavne Váh a Dunaj. Okrem nich, v súvislosti s výstavbou malých vodných elektrární a v minulosti s výstavbou náhonov mlynov nachádzame veľa kratších úsekoch podobného charakteru aj na iných, menších vodných tokoch. Práce zamerané na morfológický, resp. sedimentologický výskum vlastností riečnych koryt takéhoto typu sa nám nepodarilo nájsť. Nezaujím o ich výskum pravdepodobne súvisí s relatívne krátkou dĺžkou týchto úsekov, ich výskytom na menších vodných tokoch, resp. s relatívne nevýraznou umele vyvolanou zmenou prietokov. Fakt, že geomorfologicko-sedimentologického výskumu vodných útvarov takéhoto typu nebola doteraz venovaná väčšia

pozornosť neznamena, že ich nie je potrebné skúmať. Aktuálnosť ich výskumu súvisí hlavne so súčasnými trendmi revitalizácie a manažmentu vodných tokov v intenciách udržateľnosti vyžadujúce ich poznávanie v polohe identifikácie lokálnych, resp. regionálnych odozvie bajpasovania na riečny systém. Aktuálnosť výskumu je samozrejme podmienená aj skutočnosťou, že čím je bajpasom ovplyvnená rieka väčšia a čím je bajpasovaný úsek dlhší, tým je výskum aktuálnejší.

U nás nachádzame najvýznamnejší zásah takéhoto typu na rieke Dunaji, keď v priestore jeho ramennej sústavy bol v súvislosti so zabezpečením fungovania VD Gabčíkovo vybudovaný bajpas – derivačný kanál. Po odvedení vôd z pôvodného/bajpasovaného hlavného koryta Dunaja v roku 1992 v Čunovskom stupni sa mení správanie tohto koryta. Odozvu na zmenšený prietok (priemerne okolo $500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, t. j. štvrtina pôvodného priemerného prietoku) v starom koryte Dunaja v smere po toku môžeme nachádzať v zmenách jeho geometrických (zúženie aktívneho koryta lokálne až o polovicu), morfológických a sedimentových vlastností, ako aj v zmenách správania ripariálnej vegetácie na jeho úseku od Čunovského stupňa po

* Geografický ústav Slovenskej akadémie vied, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: geogelho@savba.sk; geogslad@savba.sk,

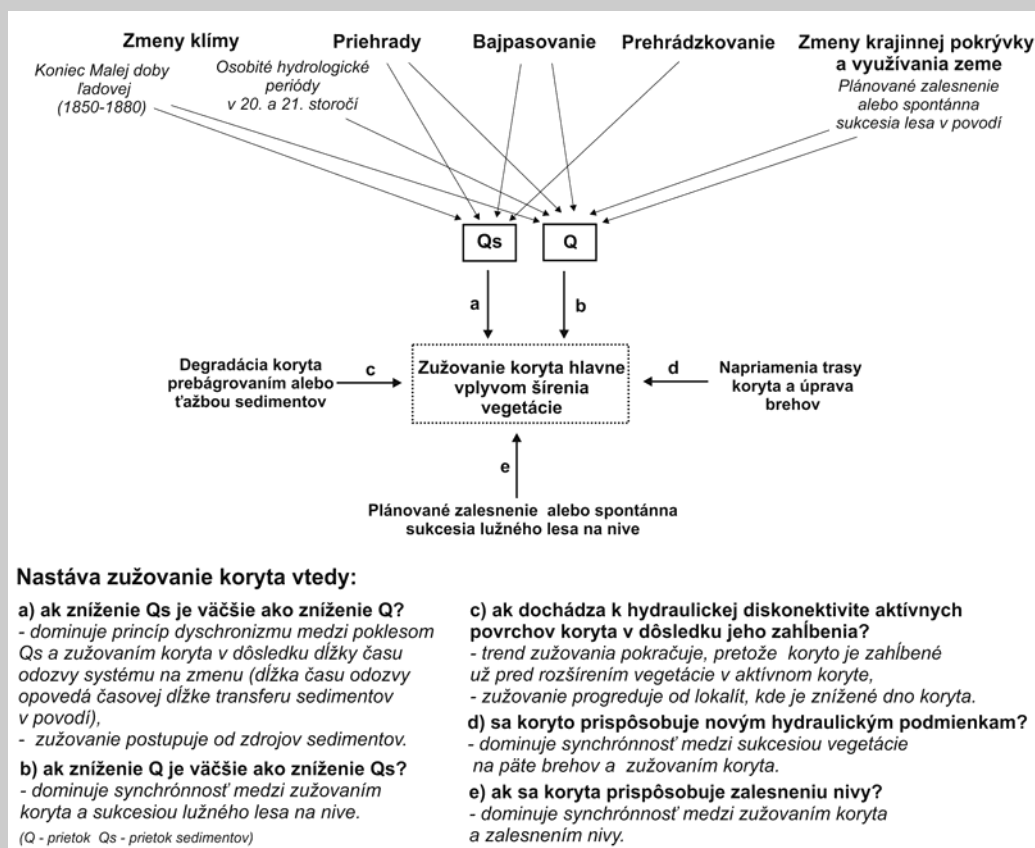
** Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovensko, e-mail: horackova@fns.uniba.sk



Obr. 1 Lokalizácia skúmaného územia

Sap. Hlavnými cieľmi príspevku je identifikácia fluvialných foriem zúženého koryta, určenie mocnosti depozície po roku 1992, analýza

jej granulometrických vlastností a interpretácia týchto výsledkov v súvislosti s výskytom povodňových udalostí. Skúmanie týchto aspektov



Obr. 2 Konceptuálny model faktorov determinujúcich zužovanie koryta (upravené podľa LIEBAULT a PIEGAY 2002)



Obr. 3 Priechne profily (rímske číslice) kopaných sond (čísllice) a geodeticky zameraných profilov s vŕtanými sondami (veľké písmená)

je v súčasnosti aktuálne, pretože vplyvom vertikálnej akrecie a sukcesie vegetácie sa menia reliéfové, profilové a drsnostné vlastnosti starého koryta vedúce k znižovaniu jeho prietokovej kapacity s následným ovplyvňovaním odvádzania vôd z priestoru Bratislavy počas vysokých vodných stavov.

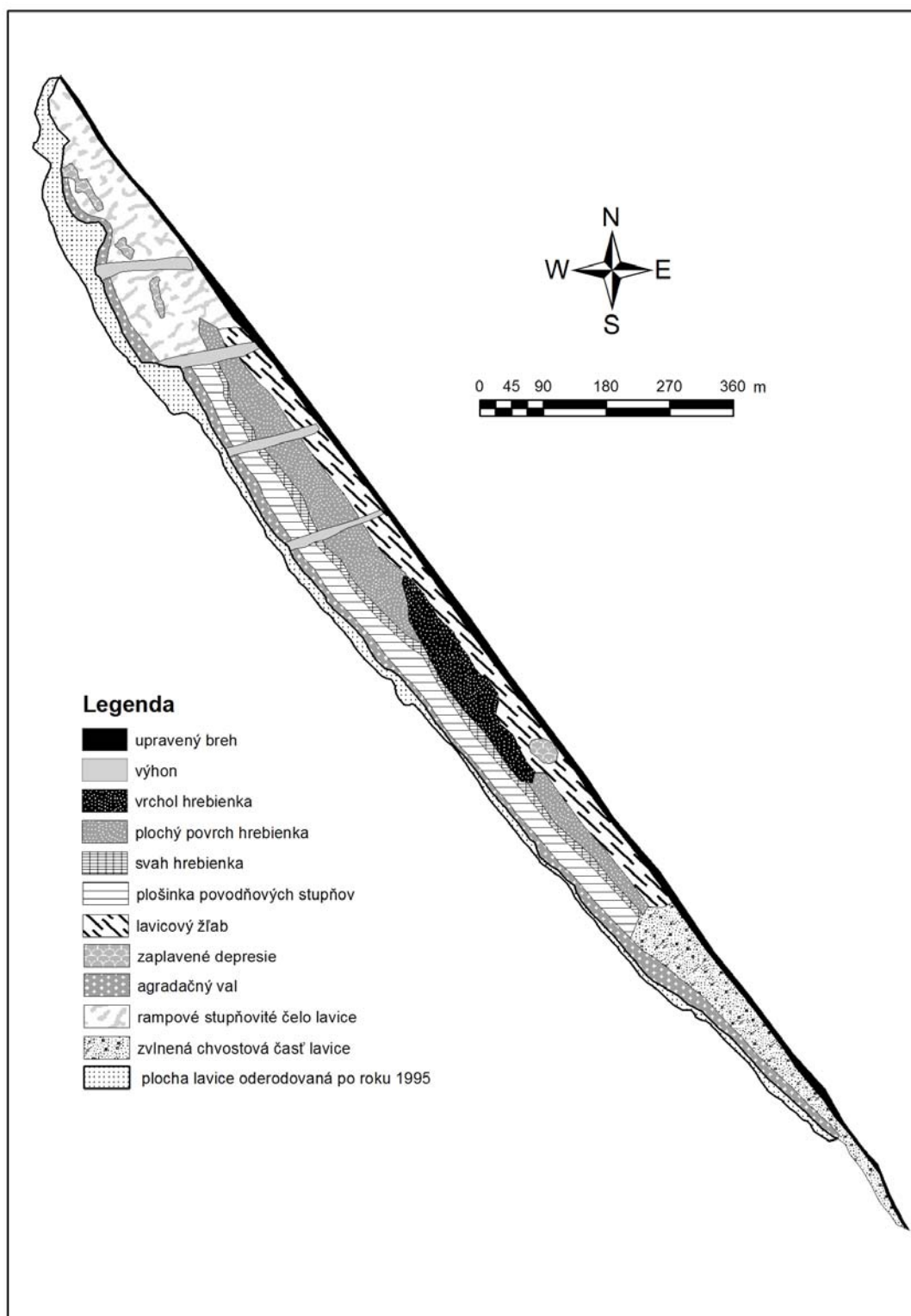
SKÚMANÉ ÚZEMIE A POUŽITÉ METÓDY

Skúmané územie predstavuje od Čunovského stupňa prvú ľavostrannú pôvodne zaplavenú zvinutú lavicu (scroll-bar) prehradenú štyrmi výhonmi (**Obr. 1**). Je to jedna zo siedmych lavíc, ktoré sa vyvinuli v miernych zákrutách pôvodného koryta Dunaja a ktoré boli pred prehradením Dunaja v roku 1992 vynorené len za nízkych vodných stavov. V súčasnosti je lavica vynorená celá. Zaplavovaná začína byť pri vodných stavoch od 400 cm (vodomerná stanica Dobrohošť). Jej dĺžka je okolo 1700 m, maximálna šírka okolo 130 m a plocha za priemerného vodného stavu 300 cm je okolo 20 ha. Znížením prietoku v starom koryte v dôsledku bajpasovania došlo k jeho umelému zúženiu a v zákrutách k „umelému“ vytvoreniu novej úrovne nivy – nivných káps na pôvodných hrebienkových laviciach.

Metodologicky vychádzame z modifikovaného konceptuálneho modelu a pracovných hy-

potéz LIÉBAULT a PIÉGAY (2002) (**Obr. 2**), pričom v prípade bajpasovania starého koryta Dunaja dochádza k jednorázovému a veľmi výraznému zníženiu a regulovaniu prietokov ako aj k totálnemu obmedzeniu prísunu splavenín a čiastočnému obmedzeniu prísunu plavenín. Za účelom základného poznania foriem reliéfu bolo skúmané územie podrobne zmapované (2012 a 2013) a graficky spracované v prostredí GIS, pričom boli využité letecké meračské snímky z roku 1986 a ortofotomapy z roku 1995 a 2011 (Eurosens).

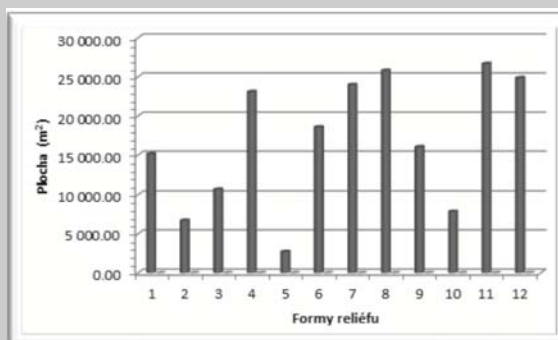
Pri analýze depozície metodologicky vychádzame z koncepcie kombinovaného morfolitostratigrafického a alostratigrafického prístupu spočívajúceho v identifikovaní sedimentačnomorfologických jednotiek zložených z litologicky heterogénnych avšak geneticky príbuzných vrstiev na základe plôch diskontinuit. Aplikácia takéhoto prístupu umožňuje vo všeobecnosti interpretovať nielen genézu sedimentov (proces) ale aj relatívny čas, kedy k sedimentácii došlo (HUGHES 2010, HOUBEN et al. 2011). Kopané sondy boli lokalizované na piatich (I. až V.) profiloch zameraných GPS, vŕtané na troch (A až C) priečných profiloch (**Obr. 3**) zameraných geodeticky s cieľom posilniť vertikálnu, laterálnu, longitudinálnu a granulometrickú diferenciáciu „novej“ alostratigrafickej jednotky uloženej na pôvodnej štrkovej, ktorej povrch predstavuje diskontinuálnu časovú aj litostratigrafickú hranicu tejto



Obr. 4 Formy reliéfu skúmaného územia – nivnej kapsy

	Forma reliéfu	Plocha (m ²)
1	Upravený breh	15138.7002
2	Výhon	6716.8300
3	Vrchol hrebienka	10697.5996
4	Plochý povrch hrebienka	23993.5574
5	Svah hrebienka	7845.2209
6	Plošina povodňových stupňov	23103.1294
7	Lavicový žľab	25811.4798
8	Zaplavené depresie	2726.0140
9	Agradačný val	18586.1604
10	Rampové stupňovité čelo lavice	26681.6992
11	Zvlnená chvostová časť lavice	16052.5000
12	Plocha lavice oderodovaná po roku 1995	24877.9004
	Spolu	202230.7913

Tab. 1 Plochy foriem reliéfu skúmaného územia



Obr. 5 Graf plochy foriem reliéfu skúmaného územia

jednotky. Odbery vzoriek sme uskutočnili v letných mesiacoch 2011. Pre upresnenie časovej diferenciácie depozície bol v tom istom roku aplikovaný dendrochronologický výskum. Vizuálna sedimentologická stratigrafia kopaných sond bola realizovaná na základe klasifikácie v zmysle MIALL (1996). Zrnitostné kategórie odobratých sedimentov boli určené laserovou analýzou. Ich štatistické spracovanie prebehlo v programe „GRADISTAT Version 4.0“ (BLOTT a PYE 2001). Na štatistické spracovanie granulometrie sedimentov aplikujeme vo svete všeobecne akceptovaný prístup FOLK a WARD (1957) a pri interpretácii takto získaných dát sa opierame o práce MICIELSKA-DÓWGIAŁŁO a LUDWIKOWSKA-KĘDZIA (2011) a SZMAŃDA (2008 a 2011).

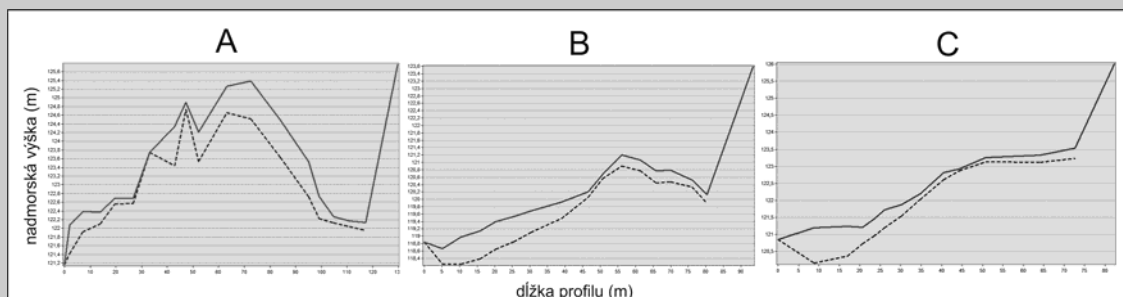
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledkom geomorfologického mapovania (**Obr. 4**) je mapa foriem reliéfu. Ich plochy sú prezentované v **Tab. 1** a **Obr. 5**. Výsledky mapovania poukazujú na skutočnosť, že pôvodná štruktúra hrebienkovej lavice je celkovo zachovaná avšak depozícia po roku 1992 ju morfológicky rozdielne oddeľovala do nových foriem reliéfu, a to nového agradačného valu, plošinky povodňových stupňov a rampového stupňovitého čela lavice. Súčasne môžeme na základe porovnania polohy brehovej línie z roku 1995 a 2011 z konštatovať, že po roku 1995 došlo vplyvom formovania agradačného valu stabilizovaného vegetáciou k vytvoreniu novej brehovej línie oderodovaním priokrytovej (proximálnej) časti lavice.

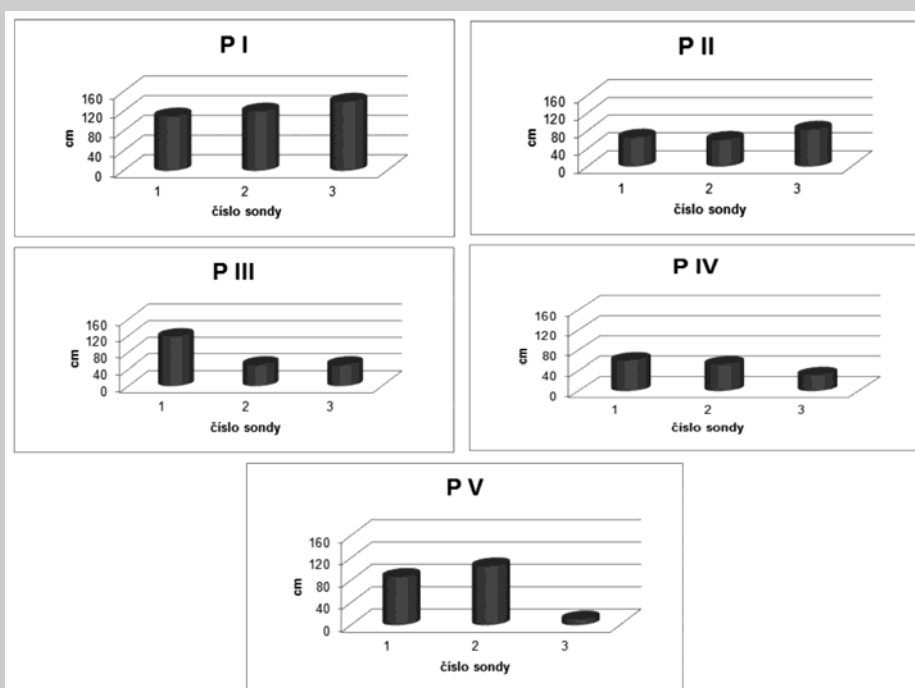
Ako sme už uviedli vyššie, od roku 1992 po prehradení Dunaja stavbou Čunovského stupňa

VD Gabčíkovo došlo v starom koryte Dunaja k zmene hydrologického, a tým aj plaveninového a splaveninového režimu, hoci už aj pred uvedeným dátumom boli obidva režimy ovplyvnené stavbou priehrad v Rakúsku a Nemecku. Tento zásah do režimu rieky sa odrazil vo výraznej zmene procesu pohybu sedimentov ako aj zmene ich granulometrie. Zmiešaný plaveninovo-splaveninový režim koryta bol po znížení hladiny a jeho zúžení vystriedaný novým plaveninovým režimom v koryte a režimom vertikálnej akrecie na novej „nivne“. Identifikácia plochy granulometrickej diskontinuity sedimentov (kontakt štrkovej a nadložných jemných piesočnato-prachovo-ílovitých litofácií) na vrtoch (**Obr. 6**) a sondách priečných profilov (**Obr. 7**) celkom zreteľne indikujú túto zmenu, pričom maximálne mocnosť akretovanej jemnozrnnej depozície sa pohybuje až do 120 cm, čo by malo predstavovať priemernú rýchlosť akrecie 6 cm/rok. Súčasne však poukazujú na skutočnosť, že akrecia neprebieha rovnako celoplošne, ale že je priestorovo diferencovaná. Najintenzívnejšie prebieha v proximálnej a čelnej časti pôvodnej lavice a lokálne aj v plošinke povodňových stupňov.

Za účelom detailnejšieho pochopenia a interpretácie rýchlosti, časovej postupnosti vertikálnej akrecie a určenia sedimentačnej rýchlosti sme využili výsledky granulometrických analýz ako priemer zŕn, štandardnú odchýlku, a miery tvaru (špicatosť a šikmosť) ako aj hydrologické dáta. Na identifikáciu horizontálnej distribúcie sedimentov sme využili dáta z celého profilu prvej kopanej sondy nachádzajúcej sa v proximálnej časti lavice na profile „I.“ (**Obr. 3**). Z dát získaných granulometrickou analýzou uvedených v **Tab. 2** je zrejmé, že z 10 identifikovaných litofácií,



Obr. 6 Detekcia plochy diskontinuity vrtanými sondami na geodeticky zameraných profiloch. Prerušovaná čiara zobrazuje štrkový, pôvodný povrch lavice. Plná čiara jej súčasný povrch



Obr. 7 Hrúbka akretovaných jemnozrnných sedimentov uložených na pôvodnom štrkovom podloží lavice podľa kopaných sond

o ktorých predpokladáme, že každá z nich odpovedá jednej povodňovej udalosti sú 4 litofácie odlišné, a to čo sa týka vlastností priemerneho zrna, špicatosti a sedimentačnej rýchlosti. Sú to litofácie, ktorých priemerné zrnó je na rozdiel od iných litofácií hrubšie, sú veľmi platykurtické, t. j. hodnoty veľkosti zrn sú málo koncentrované okolo priemeru v podmienkach normálneho rozdelenia a navyše sedimentačná rýchlosť je oproti iným litofáciám vyššia (okolo $1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$). Ak sme porovnali dáta tejto tabuľky s grafom priemerných denných prietokov o výške hladín nad 700 cm (**Obr. 8**, zdroj SHMÚ) môžeme predpokladať, že 10 litofáciám uvedeným v **Tab. 2** by mali odpovedať aj povodňovým udalostiam s vodnými stavmi vyššími ako 700 cm (vodomerná stanica Dobrohošť), resp. ich kumulovaným efektom. Najspodnejšia hlbšia litofácia by mala

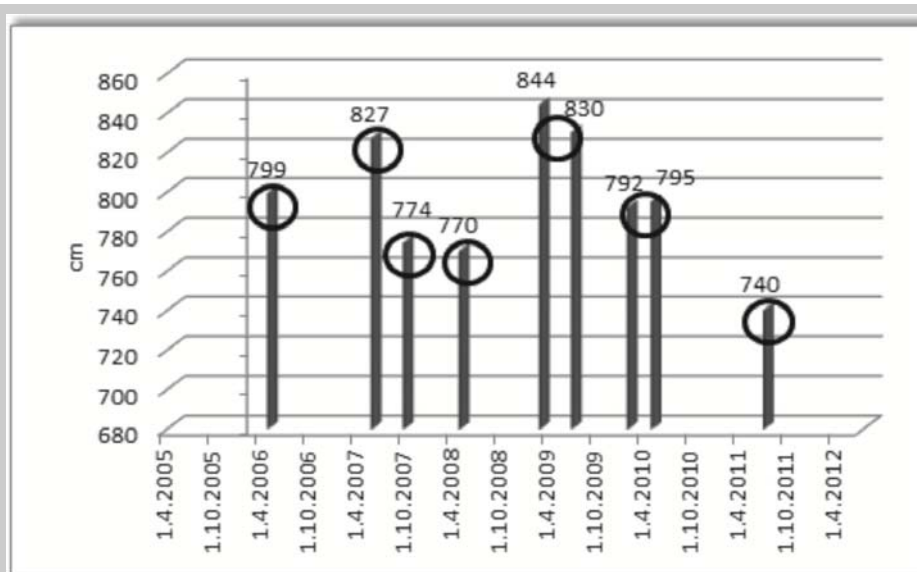
byť teda sedimentovaná po roku 1992, dve litofácie z hĺbky 70 až 92 by mali odpovedať dvom povodňám z roku 2002, tretia povodni z roku 2007 a štvrtá povodňám 2009. Dendrologickými analýzami sme však dospeli k inému výsledku. Najstarší vek stromov ako aj založenie ich hlavných koreňov v sedimentoch tesne nad štrkovým podložíom indikujú, že silnejšia akrecia začala len pred 10 – 12 rokmi. Na základe uvedených faktov, ako aj na základe analýzy hydrogramu denných vodných stavov starého koryta z vodomernej stanice Dobrohošť (**Obr. 8**) vyšších ako 700 cm je možné urobiť nasledovné závery. Depozícia povodní z roku 2002 bola uložená na 10–15 cm litofáciu starších jemnozrnných sedimentov (stĺpec 1992–2001, tab. 2) z obdobia 1992–2001, ktorej hrúbka neumožňovala nástup vegetáciou. Perióda 1992–2002 je totiž charakteristická ako

Predpokladaný rok depozície	Profil I sonda 1									
	2011	2010	2010	2009	2008	2007	2006	2002	2002	1992- 2001
cm	0-13	13-18	18-25	25-39	39-46	46-57	57-70	70-76	76-92	92-107
mm										
< 0,002	2,3	2,5	3,94	2,2	2,6	2,64	4,1	1,9	1,6	3,0
0,002-0,01	11,3	10,4	12,94	9,4	12,6	8,75	20,8	7,6	6,7	14,3
0,01-0,063	48,7	50,8	46,33	38,0	60,0	33,95	54,2	34,1	30,1	56,1
0,063-0,1	27,3	31,0	20,24	20,4	18,8	29,03	8,4	18,8	23,1	15,3
0,1-2,0	10,4	5,3	16,20	30,0	6,0	25,29	12,4	37,6	38,5	11,3
Názov sedimentu	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	veľmi hrubý piesok	hrubý piesok	veľmi jemný piesok
Priemer (M_I , ϕ)	2,909	2,999	2,995	2,329	3,320	2,296	3,572	2,044	1,872	3,266
Stredný priemer (M_z , ϕ)	2,435	2,637	2,230	2,197	2,950	1,966	3,213	1,755	1,512	2,711
Stupeň vytriedenia (σ)	veľmi zle 2,002	zle 1,919	veľmi zle 2,314	veľmi zle 2,023	zle 1,729	veľmi zle 2,061	veľmi zle 2,128	zle 1,934	zle 1,879	zle 1,996
Stupeň asymetrie (Sk)	veľmi hrubo graduujúci -0,492	veľmi hrubo graduujúci -0,506	veľmi hrubo graduujúci -0,433	veľmi hrubo graduujúci -0,408	veľmi hrubo graduujúci -0,490	hrubo graduujúci -0,158	hrubo graduujúci -0,244	jemne graduujúci 0,124	veľmi jemne graduujúci 0,396	veľmi hrubo graduujúci -0,435
Stupeň špicatosti (K)	mezo- kurtický 1,059	lepto- kurtický 1,371	mezo- kurtický 0,921	veľmi platy- kurtický 0,541	extrémne lepto- kurtický 5,109	veľmi platy- kurtický 0,536	extrémne lepto- kurtický 4,597	veľmi platy- kurtický 0,539	veľmi platy- kurtický 0,523	veľmi lepto- kurtický 2,678

Tab. 2 Ilustrácia vertikálnej akrécie granulometrickými dátami a vekom litafácií kopanej sondy 1 na profile I

obdobie bez potenciálu výraznejšej vertikálnej akrécie. Vyskytuje sa v ňom iba jedna povodeň s vodným stavom nad 700 cm a aj to v roku 2001. Až povodne v roku 2002 s dvoma hrubopiesčitými vrstvami (Tab. 2 stĺpce 70 – 92 cm) a podložnou litofáciou pravdepodobne svojou hrúbkou podmienili postupnú germináciu vrb. Od roku 2002 až do roku 2006 neboli zaznamenaná povodne podobného charakteru, tie sa

začali vyskytovať až od tohto roku 2006 a do roku 2012 môžeme identifikovať 7 povodňových udalostí s depozitnou odozvou (2006, 2007, 2008, 2009, dve 2010, 2011, Obr. 8), z ktorých dve (2007 a 2009) charakteristické vysokými vodnými stavmi mali oproti ostatným odlišnú odozvu vo väčšej hrúbke a vysokoenergetickom režime depozície. Predpokladané udalosti z roku 2002, 2007 a 2009 sú tak-



Obr. 8 Sedem potenciálnych povodňových udalostí, ktoré je možno detekovať v litofáciách vertikálnej akrécie kopanej sondy 1 na profile I nachádzajúcej sa na agradačnom vale

	Profil I sonda 1		Profil II sonda 1		Profil III sonda 1		Profil V sonda 1	
cm	0-13	13-18	0-12	12-17	0-9	9-19	0-10	10-13
mm (%)								
< 0,002	2,3	2,5	6,19	6,38	5,53	5,62	3,58	3,49
0,002 - 0,01	11,3	10,4	19,13	19,11	17,74	16,10	11,27	12,78
0,01 - 0,063	48,7	50,8	60,20	56,57	55,39	54,28	46,67	45,45
0,063 - 0,1	27,3	31,0	12,55	13,09	15,43	14,86	22,09	17,82
0,1 - 2,0	10,4	5,3	1,83	4,71	5,66	8,88	15,99	20,14
Názov sedimentu	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	veľmi jemný piesok	jemný piesok	jemný piesok
Stredný priemer (Mz, phi)	2,435	2,637	4,107	3,905	3,539	3,208	2,147	2,246
Stupeň vytriedenia (σ)	veľmi zle 2,002	zle 1,919	zle 1,655	zle 1,987	veľmi zle 2,032	veľmi zle 2,165	veľmi zle 2,247	veľmi zle 2,210
Stupeň asymetrie (Sk)	veľmi hrubo gradujúci -0,492	veľmi hrubo gradujúci -0,506	veľmi jemne gradujúci 0,336	symetrický 0,102	hrubo gradujúci -0,114	hrubo gradujúci -0,196	veľmi hrubo gradujúci -0,471	veľmi hrubo gradujúci -0,448
Stupeň špicatosti (K)	mezo-kurtický 1,059	lepto-kurtický 1,371	extrémne lepto-kurtický 5,216	extrémne lepto-kurtický 5,454	extrémne lepto-kurtický 5,482	extrémne lepto-kurtický 5,215	platy-kurtický 0,880	platy-kurtický 0,732

Tab. 3 Ilustrácia longitudinálneho priemetu vertikálnej akrécie s granulometrickými dátami povrchových litofácií kopaných sond na profiloch I, II, III a V

tiež preukázateľné rastom adventívnych koreňov, resp. akumuláciou zvyškov dreva v odpovedajúcich litofáciách (vytmavené stĺpce v **Tab. 2**, **Obr. 9**). Pohľad na zmenu granulometrie sedimentov vertikálnej akrécie v pozdĺž-

nej dimenzii, t. j. v smere po toku nám umožňuje **Tab. 3**, ktorá podáva informácie o granulometrickom zložení vrchných vrstiev sond štyroch profilov (I., II., III., V., **Obr. 3**) na nachádzajúcich sa v blízkosti brehu, t. j. vo výške



Obr. 9 Adventívne korene a zvyšky dreva nachádzajúce sa v hrubo-zrnejších litofáciách deponovaných vo vysokom energetickom režime ($M_1 > 2,5 \text{ phi}$)

rovnajúcej sa približne 400 – 450 cm hladine vody (vodomerná stanica Dobrohošť) v starom koryte. Hoci vzdialenosti medzi sondami nie sú veľké vzdialenosti a lokalizované sú všetky na agračnom vale, predsa je možné hlavne na základe priemeru zŕn konštatovať, že povrchná akrečná vrstva je zrnitostne ľahšia s vyššou rýchlosťou sedimentácie na profile I. a III., t. j. v čelnej a chvostovej časti lavice a zrnitostne ťažšia v jej centrálnej časti. Podobný charakter má aj miera špicatosti. Zrnitostne ťažšie litofácie v centrálnej časti lavice sú leptokurtické, t. j. hodnoty veľkosti zŕn sa nachádzajú blízko priemeru v podmienkach normálneho rozdelenia. U sondy z profilu V je to naopak, hodnoty sú platykurtické.

ZÁVER

By-pasovaný úsek starého koryta Dunaja predstavuje exemplárny príklad vplyvu človeka do riečného systému. Znížením prietokov a diskonektivitou sedimentov dochádza k výraznej zmene sedimentovaných litofácií, ktorá vyvoláva negatívnu spätnú väzbu zmenu krajinej pokrývky. Zo zaplavenej hrebienkovej lavice v roku 1992 sa stáva nová nívna morfológicky sa prejavujúca ako nívna kapsa (floodplain pocket), ktorej morfológická diferenciácia je určená práve vertikálnou akreáciou, t. j. prísunom a distribuovanou depozíciou plavenín počas povodňových vodných stavov odoviedajúcich novému hydrologickému režimu starého koryta Dunaja. Fakt, že za obdobie od roku 1992 došlo v proximálnej časti lavice k depozícii viac ako 1 m sedimentov a že v súčasnosti na väčšine plochy lavice je etablovaný lužný les, je potrebné skúmať aj ostatné nívne kapsy a snažiť sa preskúmať nielen mieru zmenšenia prietokovej kapacity starého koryta Dunaja, ale aj drsnostné podmienky nívnych káps, ktoré sú determinované práve vertikálnou akreáciou a rozšírením a vlastnosťami vegetačných spoločenstiev.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu 2/0106/12, ktorému bol udeľený finančný príspevok Grantovou agentúrou VEGA.

LITERATÚRA

- BLOTT, S. J., PYE, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 11, 1237 – 1248.
- FOLK, R. L., WARD W. C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 1, 3 – 26.
- HOUBEN, P., HOINKIS, R., SANTISTEBAN, J. I., SALAT, C., MEDIAVILLA, R. (2011). Combining allostratigraphic and lithostratigraphic perspectives to compile sub-regional records of fluvial responsiveness: The case of the sustainably entrenching Palancia River watershed (Mediterranean coast, NE Spain). *Geomorphology*, 129, 3 – 4, 342 – 360.
- HUGHES, P. D. (2010). Geomorphology and Quaternary stratigraphy: The roles of morpho-, litho-, and allostratigraphy. *Geomorphology*, 123, 3 – 4, 189 – 199.
- LIÉBAULT, F., PIÉGAY, H. (2002). Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of southeastern France. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, 4, 425 – 444.
- MIALL, A. D. (1996). *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York – London – Paris – Tokyo – Hong Kong, xvi + 582 p.
- MYCIELSKA-DOWGIALŁO, E., LUDWIKOWSKA-KĘDZIA, M. (2011). Alternative interpretations of grain-size data from Quaternary deposits. *Geologos*, 17, 4, 189 – 203.
- SZMAŃDA, J. B. (2008). Interpretacja intensywności zdarzeń powodziowych w aluwiach wałów przykorytowych Drwicy i Tążyny na podstawie zapisu sedimentologicznego i badań skażenia pierwiastkami śladowymi. *Landform Analysis*, 8, 78 – 82.
- SZMAŃDA, J. B. (2011). Zapis warunków depozycji w uziarnieniu aluwiiów pozakorytowych. *Landform Analysis*, 18, 97 p.